

# АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ВЫХОДА ХЛЕБОПЕКАРНОЙ МУКИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

**Ф.А. Мударисов**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук

**Г.А. Карпова**<sup>2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук\*

**Ю.М. Исаев**<sup>1</sup>, доктор технических наук

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

e-mail: fail\_76@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»

e-mail: pollylina@mail.ru

**Аннотация.** Представлены уравнения и соответствующие трехмерные графики поверхности, полученные на основе корреляционного и регрессионного анализа, позволяющие рассчитать выход хлебопекарной пшеничной муки 1 сорта в зависимости от природы, стекловидности, массы 1000 зерен и зольности зерна в технологии возделывания озимой пшеницы.

**Ключевые слова:** пшеница, выход муки, линейное уравнение регрессии, натура, стекловидность, масса 1000 зерен, зольность, микроэлементы.

**Актуальность.** В Российской Федерации функционирует множество мельниц большой и малой производительности. Выход муки, то есть количество готовой продукции, полученной из 100 долей зерна, может значительно варьировать по предприятиям. Актуальной задачей является повышение выхода и улучшение качества конечного продукта без значительных затрат. Известно, что на мукомольные предприятия поступает пшеница различных классов, которые все, кроме пятого, могут использоваться на продовольственные цели для выработки муки. Однако получение конечного продукта высокого качества обусловлено исходным сырьем, которое должно иметь соответствующие показатели зерна: количество и качество клейковины, стекловидность, натура, содержание белка и т.д. [1].

В рыночных условиях конкурентоспособные предприятия, в первую очередь мукомольных и хлебопекарные, должны учитывать требования потребителей. Поэтому сегодня технологические свойства зерна все чаще называют потребительскими. Для зерна пшеницы и ржи можно выделить две основные группы показателей потребительских свойств: мукомольные

(натура и стекловидность) и хлебопекарные (массовая доля и качество клейковины, число падения). Поскольку зерно является продуктом длительного хранения, то важнейшими показателями являются те, которые позволяют сохранять необходимый уровень потребительских свойств [2].

Современное сельскохозяйственное производство должно быть связано не только с повышением продуктивности сортов, но и качеством зерновой продукции [3].

Использование приемов предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки растений в период вегетации с целью улучшения технологических показателей качества зерна озимой пшеницы (натура, стекловидность, масса 1000 зерен, зольность), обеспечивающих увеличение выхода сортовой хлебопекарной пшеничной муки, является актуальной задачей для поставщиков сырья на мукомольные предприятия Ульяновской области.

Натура (насыпная плотность) характеризует зерно как товар, так как показывает его выполненность. В зерне с высокой натурой содержится больше эндосперма и меньше оболочек, что определяет больший выход муки и крупы при переработке. Натура пшеницы считается высокой, если масса 1 л зерна составляет 785 г и выше.

Стекловидность, являясь внешним признаком качества зерна, отражает структуру его внутренних тканей. Для мучнистого эндосперма характерна слабая связь крахмальных зерен с белком. В стекловидном же эндосперме эта связь (крахмал-белок) очень прочная. Данный показатель качества, таким образом, связан с химическим составом зерновок пшеницы. При помоле мучнистого зерна клетки эндосперма разрушаются

по внутренним краям, что способствует образованию лепешек из муки, мажущих поверхность вальцовых станков и сит. При помоле стекловидного зерна разрушение клеток идет, как правило, по внешним краям, что позволяет получить вначале больше крупок, которые легко отсортировать и домолоть до сортовой муки требуемого размера.

Масса 1000 зерен является дополнительным показателем при оценке выполненности и крупности зерна. Чем оно крупнее и лучше выполнено, тем больше значение массы 1000 зерен. Естественна взаимосвязь данного показателя с натурой. Чаще всего с увеличением природы возрастает масса 1000 зерен, хотя это соотношение не всегда соблюдается, особенно если зерно резко отличается формой и состоянием поверхности. Массу 1000 зерен можно считать высокой, если ее значение выше 30 г [4].

Зольность характеризует количество золы, получаемое при сжигании зерна, выраженное в процентах. Максимальная зольность наблюдается в алейроновом слое и оболочках зерновок, а минимальная – в центре эндосперма. Чем выше зольность зерна, тем ниже выход муки высоких сортов.

На почвах с низким содержанием марганца и цинка обработка семян микроэлементами-синергистами перед посевом и внекорневая подкормка в период вегетации является эффективным способом повышения продуктивности культуры, а также мукомольного и хлебопекарного качества зерна озимой пшеницы [5, 6].

Микроэлементы, содержащиеся в сверхмалых концентрациях, оказывают определенное влияние на ростовые процессы, активируют метаболизм, стимулируют фотосинтетическую деятельность растений, что приводит к повышению урожайности и качества продукции. Они в своем большинстве являются ко-

факторами ферментов и способствуют активации как оксидоредуктаз, так и гидролаз в зависимости от тех метаболических процессов, которые выработались в процессе эволюции [7].

Цель работы заключалась в определении зависимости между технологическими показателями качества зерна озимой пшеницы (натура, стекловидность, масса 1000 зерен, зольность), получаемого при разных вариантах обработки микроудобрениями семян и растений озимой пшеницы в почвенно-климатических условиях Среднего Поволжья, и выходом сортовой хлебопекарной пшеничной муки.

**Условия и методы исследований.** На опытном поле Ульяновского государственного аграрного университета опыты закладывали в 2016–2018 гг. с районированным сортом озимой мягкой пшеницы Саратовская 17. В почве опытного участка содержание марганца варьировало в пределах 4,70–10,90 мг/кг почвы (в среднем 7,00 мг/кг), цинка – 0,40–0,60 мг/кг почвы (0,47 мг/кг). По содержанию марганца почвы относятся к бедным, по содержанию цинка – к очень бедным.

Схема опыта включала:

1. Контроль (обработка водой);
2.  $MnSO_4$  (предпосевная обработка семян);
3.  $ZnSO_4$  (предпосевная обработка семян);
4.  $MnSO_4 + ZnSO_4$  (предпосевная обработка семян)
5.  $MnSO_4$  (предпосевная обработка семян + внекорневая подкормка растений);
6.  $ZnSO_4$  (предпосевная обработка семян + внекорневая подкормка растений);
7.  $MnSO_4 + ZnSO_4$  (предпосевная обработка семян + внекорневая подкормка растений);
8.  $MnSO_4$  (внекорневая подкормка);
9.  $ZnSO_4$  (внекорневая подкормка);
10.  $MnSO_4 + ZnSO_4$  (внекорневая подкормка).

Натуру зерна определяли взвешиванием на литровой пурке по ГОСТ 10840-2017; стекловидность – при помощи диафаноскопа просвечиванием исследуемого материала (зерна) направленным световым потоком по ГОСТ 10987-76; массу 1000 зерен – по ГОСТ 10842-89; зольность зерна – сжиганием навески размолотого зерна с последующим количественным определением несгораемого остатка по ГОСТ 10847-2019; выход муки – на универсальной лабораторной мельнице (Brabender Quadrumat Junior) для производства муки, приближенной к производственным условиям. Характеристика полученной муки из зерна опытной культуры по количеству и качеству сырой клейковины (устанавливали путем отмывания под

Таблица. Технологические качества зерна пшеницы и выход сортовой хлебопекарной пшеничной муки, (среднее за 3 года)

Способ обработки	№ п/п	Варианты	Натура, г/л x1	Стекловидность, % x 2	Масса 1000 зерен, г x 3	Зольность, % x 4	Выход муки, % y
Обработка водой	1.	Контроль	757,0	58,0	33,31	1,62	68,2
	2.	$MnSO_4$	777,7	59,3	35,20	1,44	70,2
Обработка семян	3.	$ZnSO_4$	775,3	59,7	34,00	1,38	71,1
	4.	$MnSO_4 + ZnSO_4$	767,7	60,7	35,60	1,42	70,5
Обработка семян + внекорневая подкормка	5.	$MnSO_4$	769,7	59,0	35,55	1,52	70,2
	6.	$ZnSO_4$	756,3	59,3	33,68	1,37	71,0
	7.	$MnSO_4 + ZnSO_4$	768,0	59,7	35,69	1,52	70,6
Внекорневая подкормка	8.	$MnSO_4$	766,3	59,0	34,09	1,43	71,1
	9.	$ZnSO_4$	771,7	59,0	35,07	1,47	71,2
	10.	$MnSO_4 + ZnSO_4$	759,3	58,7	34,26	1,51	70,3

струей воды и на приборе ИДК), белизне (определяли на белизномере СКИБ-М) указывала на принадлежность к 1 сорту хлебопекарной пшеничной муки.

**Результаты исследований.** Согласно результатам исследований, на получение зерна с технологическими качествами, способствующими выходу сортовой муки, наибольшее влияние оказывает обработка семян перед посевом с последующей внекорневой подкормкой растений пшеницы в период вегетации [8].

Особый интерес представляет взаимосвязь отдельных показателей качества зерна и выхода конечной продукции.

Для анализа использованы данные по мукомольным показателям качества сырья и выходу сортовой хлебопекарной муки из зерна опытной культуры (табл.).

Разработка метода оценки качества исходного сырья и вычисление расчетных выходов продукции, совпадающих с фактическим для мукомольных предприятий Ульяновской области, характеризующейся различными почвами, непостоянством климата, а также условиями возделывания зерновых культур, является приоритетной задачей.

В общем виде линейное уравнение регрессии в кодовых переменных для определения выхода муки ( $y$ ), в зависимости от характеристик  $x_1, x_2, x_3, x_4$  выглядит следующим образом:

$$y = F + Ax_1 + Bx_2 + Cx_3 + Dx_4$$

где  $F$  - константа;  $A, B, C, D$  - коэффициенты уравнения регрессии, показывающие качественный уровень влияния соответствующего мукомольного показателя зерна на выход сортовой хлебопекарной муки;  $x_1, x_2, x_3, x_4$  - факторы характеристик в кодовых значениях.

На основе экспериментальных данных с применением методов корреляционного и регрессионного анализов [9] нами выведены линейные уравнения регрессии для расчета выхода хлебопекарной пшеничной муки (%), где линейная регрессионная зависимость  $y = f(x_1, x_2)$  и  $y = f(x_3, x_4)$  представлена в виде формул:

$$y = 70,5 + 0,26x_1 + 0,76x_2$$

$$y = 70,2 + 0,32x_3 - 1,5x_4$$

По значимости коэффициентов, показывающих качественный уровень влияния соответствующего технологического показателя на выход хлебопекарной пшеничной муки 1 сорта, можно сравнить степень влияния каждого из четырех факторов  $x_1, x_2, x_3, x_4$  на итоговый показатель. Выход пшеничной муки зависит в первую очередь от уменьшения зольности зерна, во вторую - от стекловидности, далее - от массы 1000 зерен и натуры зерна опытной культуры.

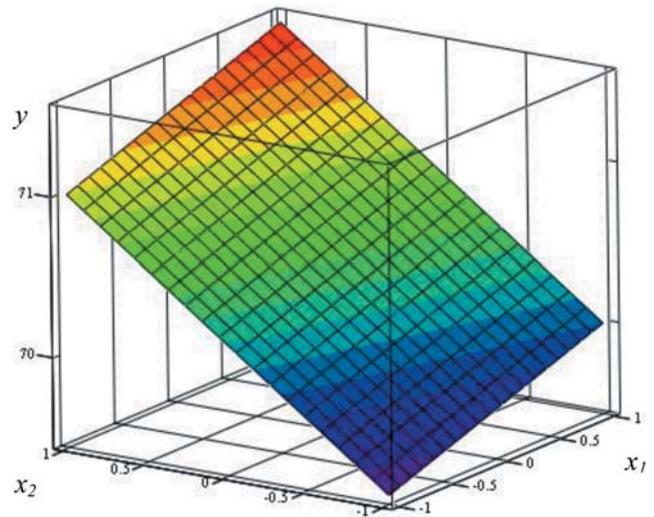


Рисунок 1. Поверхность отклика в кодовых переменных выхода хлебопекарной пшеничной муки ( $y$ ), в зависимости от натуры ( $x_1$ ) и стекловидности ( $x_2$ ).

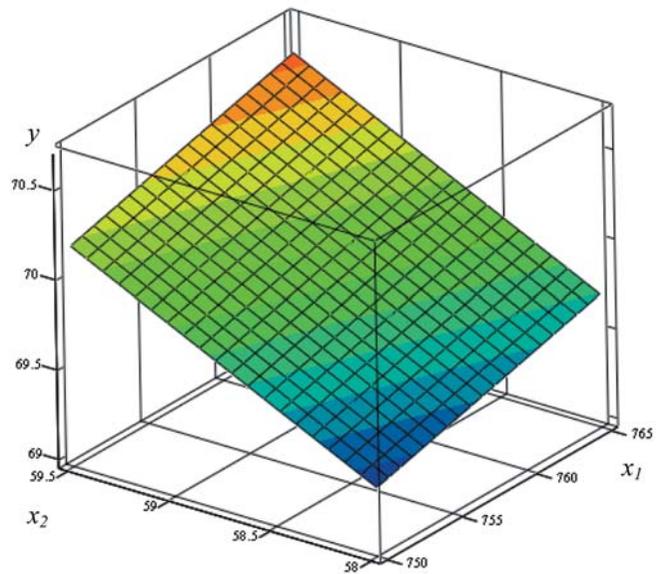


Рисунок 2. Поверхность отклика в натуральных переменных выхода хлебопекарной пшеничной муки ( $y$ ), в зависимости от натуры ( $x_1$ ) и стекловидности ( $x_2$ ).

Зависимость выхода муки от стекловидности и натуры зерна озимой пшеницы отражена на рисунке 1.

Для представления этой зависимости в трехмерном пространстве линейная регрессионная зависимость  $y = f(x_1, x_2)$  в натуральных переменных выразится в виде формулы:

$$y = 18,77 + 0,02x_1 + 0,56x_2$$

Графическое выражение зависимости представлено на рисунке 2.

Для наглядности в трехмерном пространстве линейная регрессионная зависимость  $y = f(x_3, x_4)$  в на-

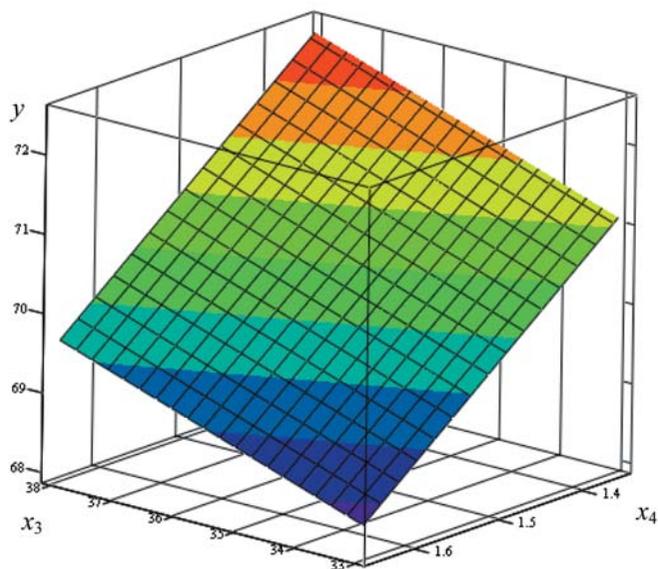


Рисунок 3. Поверхность отклика в натуральных переменных выхода хлебопекарной пшеничной муки (у), в зависимости от массы 1000 зерен ( $x_3$ ) и зольности ( $x_4$ ).

туральных переменных отражена в формуле:

$$y = 74,68 + 0,27x_3 - 9,23x_4$$

Графическое выражение зависимости представлено на рисунке 3.

Проверка математических моделей показала, что табличное значение критерия Стьюдента меньше расчетного, коэффициент корреляции не менее 0,95, а проверка уравнений регрессии по критерию Фишера подтвердила их адекватность.

#### Выводы.

– Применение линейных уравнений регрессии в кодовых переменных позволяет сравнить 4 технологических показателя с различными единицами измерения, влияющих на выход муки на мельнице, распределив их по значимости. Выход пшеничной муки зависит в первую очередь от уменьшения зольности зерна, далее – от увеличения стекловидности, массы 1000 зерен и натуры опытной культуры.

– Использование линейных уравнений регрессии в натуральных переменных позволяет определить расчетный выход хлебопекарной пшеничной муки при помоле, что поможет мукомолам более точно спрогнозировать выход основной продукции на предприятии из сырья, поступившего от сельскохозяйственных предприятий Ульяновской области.

#### Список использованной литературы

1. Палий, Ю.В. Влияние качества зерна, поступающего на мельницу на выход и показатели муки /

Ю.В. Палий // Молодой исследователь Дона. - 2017. - № 1(4). - С. 78-81.

2. Мелешкина, Е.П. Современные аспекты качества зерна пшеницы / Е.П. Мелешкина // Аграрный вестник Юго-Востока. - 2009. - № 3. - С. 4-7.

3. Симонова, Е.Н. Влияние способа предпосевной обработки семян мягкой озимой пшеницы на технологические и хлебопекарные свойства зерна / Е.Н. Симонова // Вестник аграрной науки Дона. - 2011- № 1(13). - С. 87-91.

4. Наумович, Р.В. Технологические свойства зерна перспективных сортообразцов мягкой и твердой озимой пшеницы / Р.В. Наумович, М.Ш. Бегаулов, В.Н. Игонин // В сб. Агротехнологии 21 века: стратегия развития, технологии и инновации. Мат. Всеросс. научно-практ. конф., посвященной 90-летию основанию университета. - Пермь, 2020. - С. 162-167.

5. Семашкина, А.И. Влияние микроэлементов цинка и марганца на мукомольные и хлебопекарные качества зерна озимой пшеницы / А.И. Семашкина, Ф.А. Мударисов, В.И. Костин, Т.Д. Игнатова // Сахарная свекла. - 2017. - № 7. - С. 36-40.

6. Mudarisov, F.A. The analysis of grain quality using trace elements in the winter wheat cultivation technology / F.A. Mudarisov, Yu.M. Isaev, N.M. Semashkin, A.I. Semashkina // В сб.: AIP Conference Proceedings. International conference on modern trends in manufacturing technologies and equipment 2021. 2022. С. 030021.

7. Костин, В.И. Роль микроэлементов в повышении урожайности яровой и озимой пшеницы и улучшении мукомольных и хлебопекарных качеств зерна: монография / В.И. Костин, Ф.А. Мударисов, В.А. Исайчев. - Ульяновск, 2020. - 184 с.

8. Мударисов, Ф.А. Аналитическая зависимость между способами использования марганца, цинка и выходом хлебопекарной муки озимой пшеницы / Ф.А. Мударисов, В.И. Костин, Ю.М. Исаев, М.К. Садыгова // Сахарная свекла. - 2018. - № 5. - С. 36-38.

9. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для студентов вузов / В.Е. Гмурман. - 6-е изд. - М.: Высшая школа, 1998. - 479 с.

#### Analytical dependence of the yield of bread flour on the technological qualities of winter wheat grain

F.A. Mudarisov, G.A. Karpova, Yu.M. Isaev

**Summary.** The equations and corresponding three-dimensional surface graphs obtained on the basis of correlation and regression analysis, which allow calculating the yield of baking wheat flour of grade 1 depending on the nature, vitreous, mass of 1000 grains and grain ash content in winter wheat cultivation technology are presented.

**Key words:** wheat, flour yield, linear regression equation, nature, vitreous, 1000 grain weight, ash content, trace elements.